

# 断面時間交通量の分布形の確率特性に関する基礎的研究\*

A Fundamental Study of Probability Characteristic of Section Hour Traffic Volume Distribution\*

稲田裕介\*\*・中山晶一郎\*\*\*・高山純一\*\*\*\*

By Yusuke INADA\*\*・Shoichiro NAKAYAMA\*\*\*・Jun-ichi TAKAYAMA\*\*\*\*

## 1. はじめに

現在、道路事業の評価には費用便益分析が一般的に用いられている。この費用便益分析において、便益、つまり道路整備による直接的な効果は、1.旅行時間短縮、2.旅行費用削減、3.交通事故の軽減が考えられ、それらを評価項目として道路整備事業の妥当性を検討している。近年道路の運用・管理といった面で交通量の変動を考慮した考え方が見直されている。旅行時間の信頼性評価も重要な考え方として認識されるようになり、現在では非常に多岐にわたる研究がなされている。交通量変動の1つとして考えられる確率的性質については、“交通量がどのような確率分布に従っているのか”というような基本的な問題を含めて、いまだ未知の部分も多いのが現状であると考えられる。

一方、道路交通量は、週や月等の周期的な要因と、自然現象や事故をはじめとする突発的に起こるランダムな要因により、いくつもの要因が複雑に絡み合って変動しており、そこから要因を抽出することは容易ではない。また交通量の分布形状は、どの条件によりどう変化するかなど基本的事項が把握できていないのが現状である。

交通量がどのような確率分布形に従うのかを知ることができれば、交通量を確率論的に取り扱えるようになり、変動を考慮した信頼性評価や道路の運用・管理・計画に役立てられよう。旅行時間の分布形状との関係性を明らかにすることにより、新たなネットワーク指標の構築に展開できるものと考えられる。この指標の構築により道路運営を行っている事業者にとっても、運用・管理・情報提供・路線計画等あらゆる面で有用と考えられる。

飯田<sup>1)</sup>らの研究を始め、交通量の分布形を分析し、確率的特性に関して考察した研究は、以前から行われており、各々の研究において、知見が示されている。

本研究では、交通量分布がどの理論分布に適合するの

\*キーワードズ：交通ネットワーク分析

\*\*学生員，金沢大学大学院自然科学研究科

(石川県金沢市角間町，E-mail：yskysk@stu.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*正会員，博(工)，金沢大学環境デザイン学系

(TEL：076-234-4614，E-mail：snakayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

\*\*\*フェロー会員，工博，金沢大学環境デザイン学系

(TEL：076-234-4613，E-mail：takayama@t.kanazawa-u.ac.jp)

状が正規分布に従いやすく、適合割合は、平日の朝、夕か検定をもって明らかにすることを目的としている。今回、それに加え、ラッシュの時間帯に着目し、この時間帯に地点ごと適合しやすい分布形状の模索を行った。

## 2. 分析対象データ

研究に用いたデータは、阪神高速の本線およびランプ部分における時間交通量データである。データの内容は、2003年3月1日から2007年5月31日において(1553日間)阪神高速全線の車両感知器において観測した時間交通量データである。

なお、データマイニングは、以下の手順で行った。

- ① 感知器が正常に働いていない時間の交通量
- ② 感知器数が車線数を満たさない地点のデータ
- ③ Smimov-Grabs Test による外れ値の検定

不要な観測地点を取り除いた残りの観測地点は合計867箇所である。内訳は本線上485箇所、ランプ上361箇所、料金所14箇所、パーキングエリア入口部分7箇所である。時間交通量の不要データの削除割合(観測地点削除は含まず)は全体(867か所)で約3%である。

## 3. K-S 検定を用いた理論分布への適合度検定

平日と土曜、日曜祝日を分け、各時間・各観測地点の交通量分布を示した結果、正規分布に近い形の交通量の分布が多く確認できた。本研究では、時間交通量の確率分布形が正規分布に従うのか半断するため、正規性判定の検定をK-S検定(Kolmogorov-Smimov Test)を検定手法に用いた。このK-S検定は、実測分布(確率密度関数)が理論分布に従うかどうかを、累積確率分布として表わし、理論分布(分布関数)との差の最大値 $D_{\max}$ と検定統計量 $D_n^\alpha$ の大小をもって判定を行う。 $D_{\max} < D_n^\alpha$ となるとき、その分布の理論分布への適合が認められる。データが少なくとも順序づけ可能な場合には、 $\chi^2$ 検定よりもK-S検定の方が適合度検定に用いる方が正確であると考えられている。また、K-S検定は $\chi^2$ 検定に比べて、データを各区分に分ける必要がない、分布の裾のデータが少ない場合は影響しにくいなどの利点を持つ。

図1に時間交通量分布の正規分布への適合結果を示す。

7つの曜日に分類し、それぞれの交通量に対し正規分布への適合度検定を行ったところ、時間交通量(有意水準5%)では、平日の各曜日が時間変化に対し同じような挙動が見られたのに対して、土曜、日曜・祝日では、それぞれの挙動は異なったものとなった。また土曜においては、ほぼ全時間にて正規分布への適合割合が8割を超える高いものとなった。日曜・祝日をみると、他の曜日に比べ正規分布への適合割合が低い結果となった。これは、日曜と祝日の変動が異なるためである。

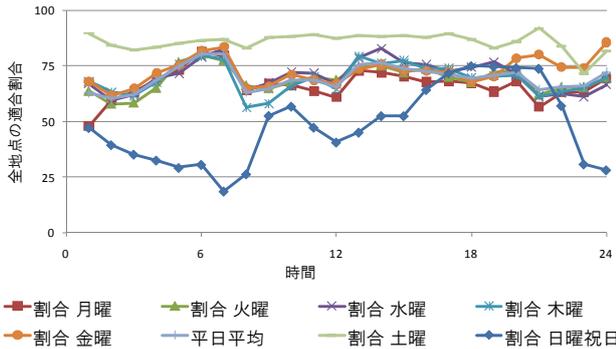


図1 時間交通量検定結果(正規分布)

次に、この結果を主要路線別に見てみる。表1に正規性が認められた地点割合の“終日”と“昼間12時間”の平均値を示す。環状線やそれへの直結路線では、昼間12時間平均値のほうが正規性の低下がみられた。一方、4号湾岸線や5号湾岸線では、終日平均値と昼間12時間平均値では正規性にあまり変化が見られないか、大きくなる傾向がみられた。一概には判断できないが、大阪都心部からの放射路線では、昼間に正規分布と行った交通量分布が多く存在すると考えられる。

表1 正規性のある地点割合(全感知器)

路線名	有意水準 $\alpha$			
	0.05	0.01	0.05	0.01
	全日平均値		昼間12時間平均値	
池田線	78.0	86.5	72.5	82.7
環状線	56.9	66.9	32.2	43.8
守口線	43.2	54.0	10.8	21.9
東大阪線	69.0	80.8	67.0	80.5
松原線	63.7	79.4	53.8	68.8
堺線	76.4	86.5	70.1	82.6
神戸線	75.5	86.8	68.6	84.9
4号湾岸線	86.4	93.8	90.9	97.2
5号湾岸線	80.4	88.2	90.1	94.7

全地点における適合割合が把握できたところで、少しマクロな見方をする。大阪周辺の主要路線を、表2に示すとおり、都心部路線、都心から郊外に伸びる路線、郊外部路線の3種類に分け、それぞれに関して正規分布への適合割合を確認した。図2は、日交通量を曜日ごとに分けた適合割合を示している。

これをみると、図2(日交通量)の平日では、郊外部の

路線は正規分布への適合割合が90%を超える高い値を示している一方、都心部・都心部から郊外へ伸びる路線では、適合割合が低下していることが読み取れる。

表2 路線分類の内訳

路線分類	路線名	観測地点数	
		路線別	合計
都心部路線	環状線	36	59
	環状線との渡り線	23	
都心から郊外への路線	池田線	63	237
	守口線	27	
	堺線	32	
	東大阪線	47	
	松原線	68	
郊外部路線	4号湾岸線	118	231
	5号湾岸線	113	

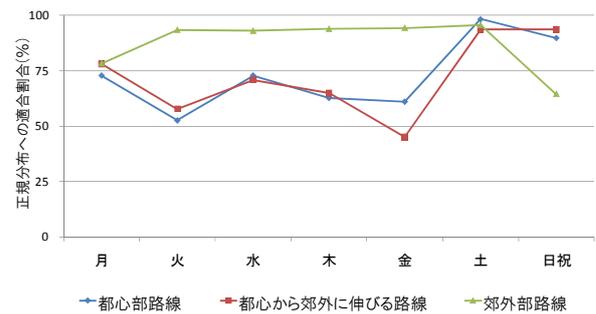


図2 路線分類による適合度の違い(日交通量)

表2にて、分類されたもののうち、平日の昼間の時間交通量適合度低下が見られた「都心から郊外へ伸びる路線」に関して、上下線の違いによって、適合度の時間変化がどの程度異なるのか分析を行った。図3の上り線(都心部:大阪市方向の路線)をみると朝と夕の通勤時間帯に合わせて適合度が低下されることが理解できる。また、ランプ部分に比べ、本線部分は、時間変化による挙動が激しい傾向が見られる。図4の下り線(郊外部方向の路線)での結果をみると、通勤時間帯以外の時間と比べると朝、夕の時間帯は若干の低下が存在し、また、時間も比較的分散されているように見受けられる。さらに、上り線と比べると、下り線の適合割合は、総じて高い傾向が見られる。図4の深夜時間帯をみると、本線の適合割合の大幅な低下が見られた。この原因については講演時に明らかにする。

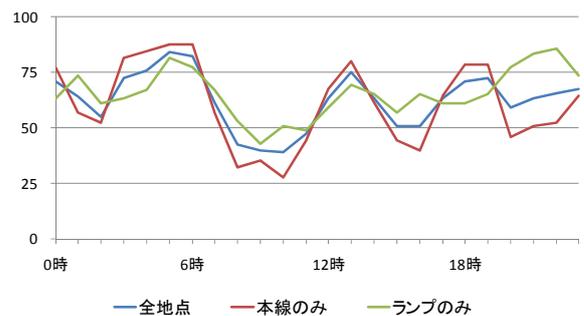


図3 正規分布適合割合の時間変化(上り線)

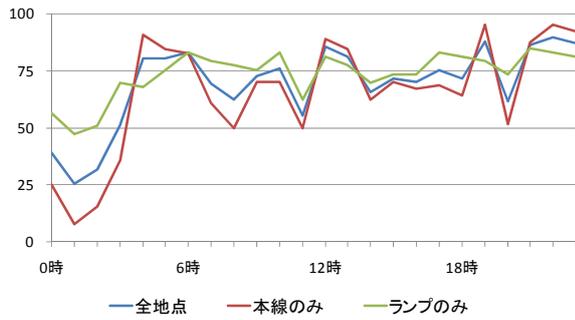


図4 正規分布適合割合の時間変化(下り線)

正規分布と同様、対数正規分布への適合結果を図5に示す。全体的に正規分布より、適合割合が低下しているように見受けられる。

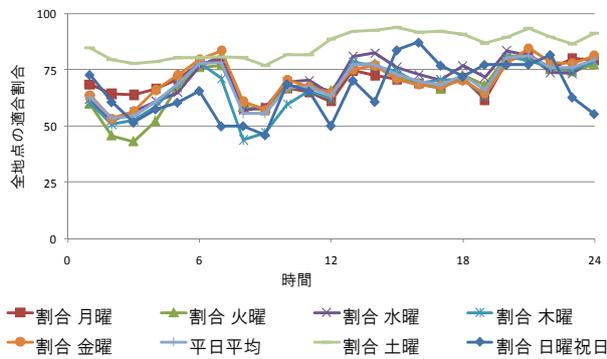


図5 時間交通量検定結果(対数正規分布)

今回対象とした理論分布を以下の式(1)~(3)に示す。

1) 正規分布

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2\right) \quad (1)$$

2) 対数正規分布

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(\log x - \mu)^2\right) \quad (2)$$

3) ポアソン分布

$$f(x) = \exp(-\mu) \cdot \frac{\mu^x}{x!} \quad (3)$$

これら理論分布を交通量方向にスライド、あるいは反転させたものも分析対象とした。以下、例を示す。

4) 対数正規分布を交通量方向に移動させた分布

(2)式をx方向にtだけ移動させた分布を理論分布とし、tの値を変化させ、同分布形への適合度検定を行った。その結果の一部を図6、図7に示す。これをはじめとした結果から、「平日の時間交通量はt(移動量)をレンジの0.5%~1.0%交通量性方向に移動させた分布への適合度が高い」という知見を得ることができた。

なお、ここで示した分布検定以外の結果は講演時に示す。

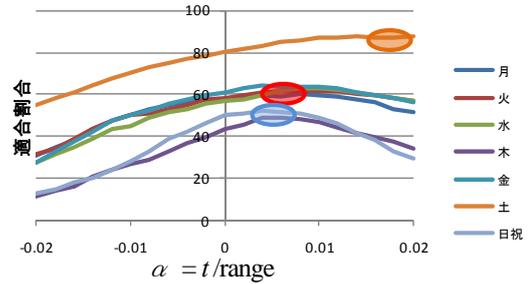


図6 移動量と適合割合(7時)

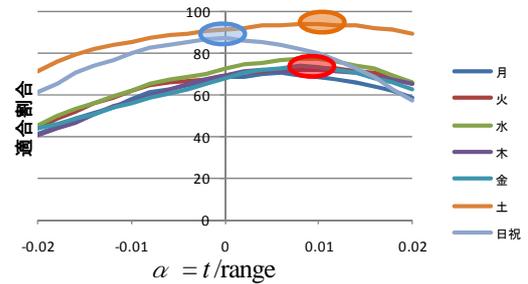


図7 移動量と適合割合(15時)

ラッシュ時の交通量分布形に着目する。7時~9時、15時~18時では、本線観測地点を中心に、図8のように交通量大きい方向に重心を持つ分布形状が多く確認できた。また、この時間帯での歪度(分布の非対称性を示す。)の地点平均が-0.4前後を示しており、ここからも右に重心を持つ分布が多いことが分かる。この時間帯では、渋滞の有無と分布形状に焦点を当てて分析することが必要と考えられる。

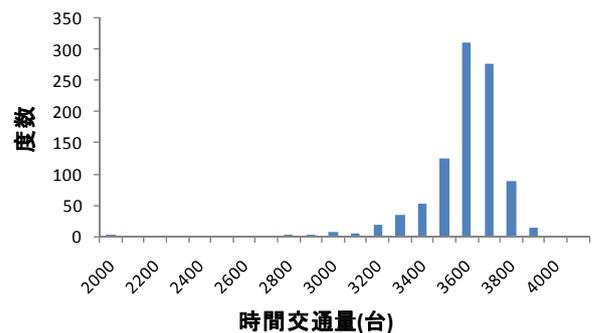


図8 池田線上り0.1km - 8時

#### 4. 統計諸量との関係性

統計諸量間、統計諸量と交通量分布形との関係性を明らかにすることで、後の維持管理に役立つ可能性がある。

ここでは、分布形がどの要因により変化しているのかを調べた結果を示す。

#### 4.1 歪度と1車線交通量との関係性

分布形の歪みを示す歪度の値が、統計量や観測地の位置、道路構造などとの程度関係性が存在するのかわ、重回帰分析をはじめとした統計分析により明らかにしている。算出された基礎統計諸量が時間や地点によって、どの程度変化が生じるのかを分析している。

図9は、全地点・全時間(プロット数 267 地点×24 時間)の1レーン交通量の時間平均値(横軸)と歪度(縦軸)の分布を示したものである。これを見ると、ばらつきは大きい、関係性をうかがい知ることができる。

#### 4.2 歪度の予測式の構築

本研究では、重回帰分析・数量化I類を用いて歪度を予測する式の構築を試みた。式(4)は、1車線交通量:  $x_1$ , 都心(大阪方面起点)からの距離:  $x_2$ , 車線数:  $x_3$  の3要因を用いた場合の歪度:  $y$  の予測式(正規化後)である。ここから、交通量が多いほど、郊外部になるほど歪度の値が小さくなる、すなわち交通量分布が全体として右に重心を持つ結果がいえる。また、この場合、3要因の中で、1車線交通量が歪度の変化に最も大きく影響していることが理解できる。

$$y = -2.3 \times 10^{-14} - 0.24x_1 - 0.08112x_2 - 0.04359x_3 \quad (4)$$

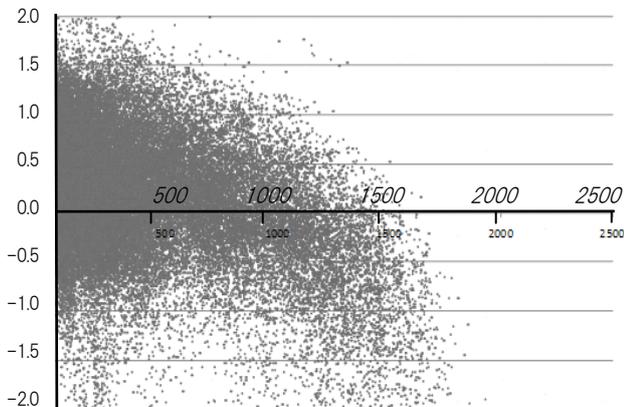


図9 レーン平均交通量(横軸)と歪度(縦軸)との関係

#### 4.3 主要路線の歪度の平均値

各地点において歪度が算出されている。ここでは、主要路線の分布の概形を把握する一つの方法として、歪度の平均を路線ごとに算出した。表3がその結果である。これを見ると、堺線や5号湾岸線全体として分布形状が、左に偏りやすいことが分かる。また、守口線では逆の結果となることがうかがえた。

表3 主要路線の歪度(時間交通量)

路線名	歪度の平均値
堺線	0.65
5号湾岸線	0.55
4号湾岸線	0.33
東大阪線	0.26
神戸線	0.10
環状線	0.07
池田線	0.07
松原線	-0.06
守口線	-0.86

### 5. おわりに

本研究では交通量を確率的にとらえ、ラッシュ時の時間交通量分布がどのような要因により変化するのか把握を行うとともに、時間集約を行ったうえでの分布形状と元の時間交通量分布の間に、理論分布への適合割合に差が生じるのか把握した。

また、路線ごとの適合割合を分析し、都市部では、平日昼間に正規分布への適合割合が小さくなることを把握できている。正規分布・対数正規分布をはじめとする各々の理論分布への適合割合を算出し、適合割合の高い分布を検討した。対数正規分布の平行移動では、通常対数正規分布よりも交通量性方向に移動させた方が適合割合が高くなる傾向が導けた。今回示した以外の分布形に対しての結果は講演時に示す予定である。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、貴重なデータを提供していただいた都市交通計画研究所の方々にこの場を借り、改めて感謝の意を示します。

#### 参考文献

- 1) 飯田恭敬, 高山純一:「交通量変動特性の統計分析」高速道路と自動車, 第24巻第12号, 1981
- 2) 稲田裕介, 中山晶一郎, 高山純一:「阪神高速道路の時間交通量の分布形に影響を及ぼす要因に関する分析」, 第40回土木計画学研究発表会 講演集 on CD-ROM #249, 2009
- 3) 西内裕品, Marc MISKA, 桑原雅夫, 割田博:「観測時間の集約とOD交通量の分布形に関する基礎的研究」, 第41回土木計画学研究発表会 講演集 on CD-ROM #271, 2010
- 4) 穴口智也, 中山晶一郎, 高山純一:「新規幹線道路建設前後における道路ネットワーク評価の基礎的研究」, 第38回土木計画学研究発表会 講演集 on CD-ROM #192, 2008
- 5) 内海泰輔, 中村英樹, 磯和賢一, 渡辺将光:機能に対応した道路計画設計のための交通量変動特性分析, 土木計画学講演集, vol.33, 2006
- 6) 曹圭錫, 谷下雅義, 鹿島茂:東京都内幹線道路における日交通量特性分析, 第18回交通工学研究会発表会論文報告集, pp.153~156, 1998